

# **Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU)**

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Politische Wissenschaft

FFU-report 98-4

## **Dematerialisierung als Prognose und Programm - die Hypothese vom Ende der "era of materials"**

Martin Jänicke

FFU  
Innestr. 22  
14195 Berlin  
Tel. ++49-30-838 50 98  
Fax ++49-30-838 66 85  
<http://www.fu-berlin.de/ffu>  
[ffu@zedat.fu-berlin.de](mailto:ffu@zedat.fu-berlin.de)



## 1 Einführung

Daß die Umwandlung von Materialien in Emissionen und Abfall weltweit zu reduzieren sei, steht als Forderung am Anfang der Umweltdebatte. Interessanterweise fand dieses normative und eher pessimistische Konzept bereits in den 1970er Jahren eine Antwort in der optimistischen Hypothese, daß sich in fortgeschrittenen industrialisierten Ländern ein Ende des Zeitalters der Grundstoffe abzeichne.

Beide Ansätze argumentieren mit empirischen Zeitreihen. Und beide Ansätze sind in hohem Maße relevant für die Debatte um den globalen industriellen Wandel unter ökologischem Aspekt. Ein genereller Trend zur Dematerialisierung würde einerseits von Innovationen und Wachstum in Hochtechnologie-, Dienstleistungs- und Informationssektoren begleitet sein. Eine solche Entwicklung würde aber auch Verlierer-Branchen im Bereich Bergbau und Grundstoff-Industrien schaffen. Beide Sektoren haben nicht nur eine strategische Bedeutung beim Materialverbrauch, sie haben auch besonders umweltintensive Produktionsprozesse. Ein Strukturwandel zu ihren Lasten würde somit zu impliziten Umweltentlastungen führen.

Im folgenden Beitrag werde ich versuchen zu zeigen, daß die eher optimistische Erwartung eines Endes der „era of materials“ wichtig bleibt, obwohl ein solch genereller Trend empirisch nicht beobachtbar ist. Gegenwärtig können eher „N-Kurven“ als inverse U-Kurven des Pro-Kopf-Verbrauchs von Materialien beobachtet werden. Was war falsch an der optimistischen Hypothese? Und was wird aus dem ökologischen Postulat einer „Dematerialisierung“ (Herman et al. 1989, Schmidt-Bleek 1994)? Möglicherweise hat die Dematerialisierungs-Hypothese die strukturelle Rigidität der „alten“ industrialisierten Staaten unterschätzt. Tatsächlich läßt sich ein „Hase-und-Igel-Dilemma“ zwischen ökologischer Modernisierung im Materialverbrauch und struktureller Rigidität der betroffenen Zulieferindustrien beobachten, die sich den impliziten Schrumpfungsprozessen erfolgreich widersetzen. Dies wiederum legt umfassendere Strategien nahe, die die „Effizienzrevolution“ im Materialverbrauch mit dem Management von umweltentlastendem Strukturwandel verbindet.

## 2 Die Entwicklung der Hypothese

Die Hypothese eines generellen Rückgangs des Materialverbrauchs in entwickelten Industriestaaten wurde erstmals ausdrücklich von Larson, Ross und Williams Mitte der 1980er Jahre formuliert. „Beyond the Era of Materials“ lautete der entscheidende Titel (Larson/Ross/Williams 1986). Die Hypothese basierte auf der Analyse langer Zeitreihen (1890-1983) in den USA für Zement, Stahl, Ammoniak, Papier, Chlor, Aluminium und Ethylen. Für Stahl und Zement ergab eine schwedischen Studie parallele Entwicklungen (Johansson et al. 1983). Trendanalysen für Deutschland, Frankreich und Großbritannien zeichneten ein ähnliches Bild für die Jahre von 1950 bis 1983. Diese Ergebnisse wurden in der bekannten Studie „Energy for a Sustainable World“ (Goldemberg et al. 1988) bestätigt. Auch diese Arbeit kam zu dem Schluß, daß ein **„broad-based trend away from basic materials use in economy“** stattfindet (ebd.).

Die inverse U-Kurve des spezifischen Materialverbrauchs war zuvor von Malenbaum (1978: 18) beschrieben worden. Diese Kurve zeigte einen Anstieg parallel zur Industrialisierung eines Staates bis zu einem Höhepunkt und einem anschließenden Rückgang. Später wurde diese Kurve als „ökologische Kuznets-Kurve“ bezeichnet; sie wird als solche auch für andere ökologisch relevante Indikatoren der langfristigen wirtschaftlichen Entwicklung angewendet (Grossman/Krueger 1994, WWF 1996).

Abbildung 1: Der Pro-Kopf-Verbrauch ausgewählter Grundstoffe in den USA

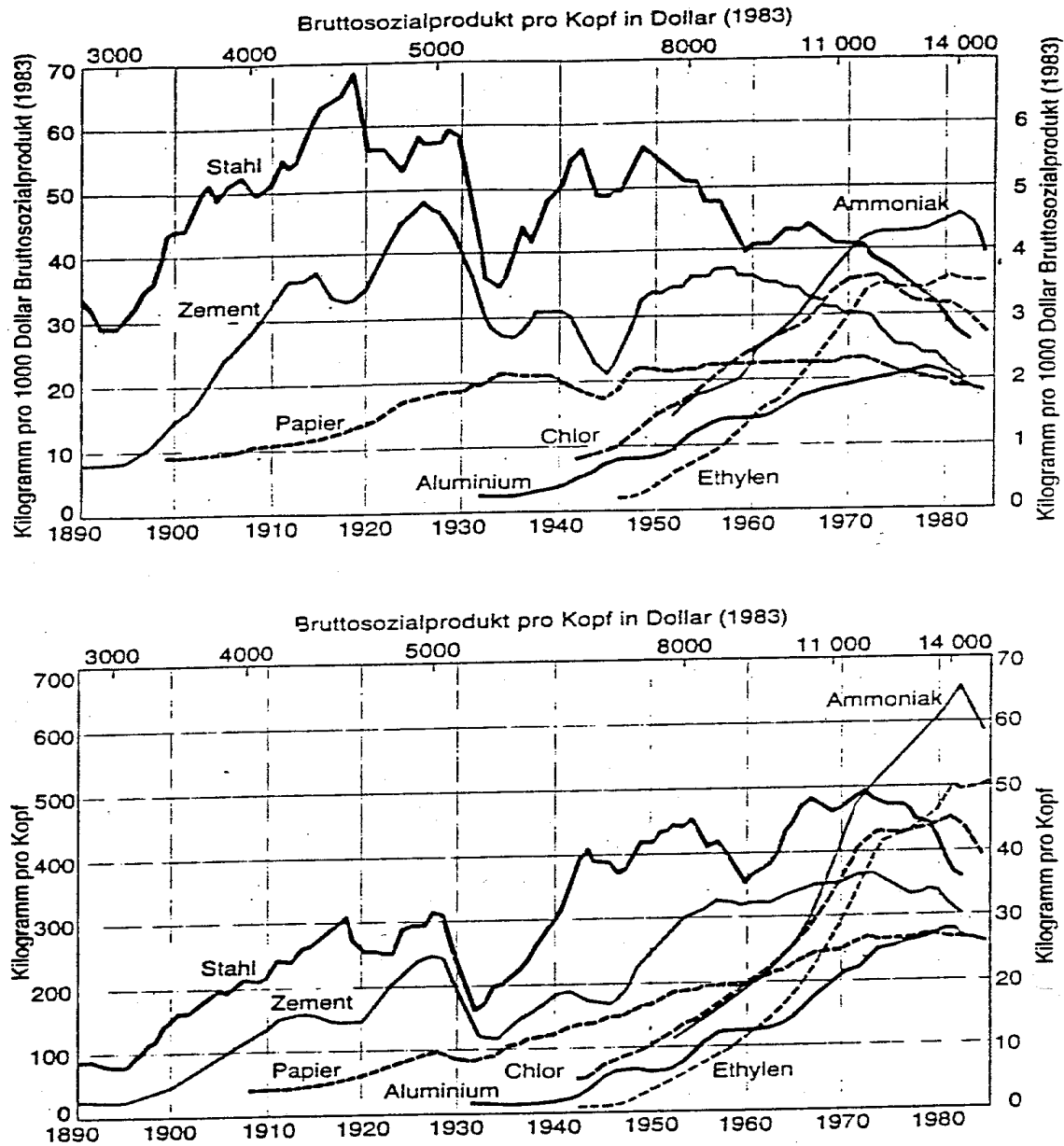


Bild 4: An diesen Lebenskurven von sieben Grundstoffen lässt sich das Gesamtschicksal der amerikanischen Grundstoffindustrie illustrieren. Darunter sind außer Stahl zwei weitere traditionelle Grundstoffe berücksichtigt, nämlich Zement und Papier. Die übrigen sind moderne Materialien: Aluminium, Ammoniak, Chlor und Ethylen. Der Höchstverbrauch traditioneller Grundstoffe liegt lange vor demjenigen der modernen Materialien, aber die Nachfrage fällt

bei allen sieben im Vergleich zum Bruttosozialprodukt mittlerweile ab (oben). Für die meisten dieser Grundstoffe sinkt mittlerweile auch der Pro-Kopf-Verbrauch (unten). Die obere Skala in beiden Diagrammen zeigt den Verlauf des Bruttosozialproduktes pro Kopf; daran wird ersichtlich, wie die Bedeutung der Grundstoffe bei wachsendem Reichtum der Industriegesellschaft abnimmt.

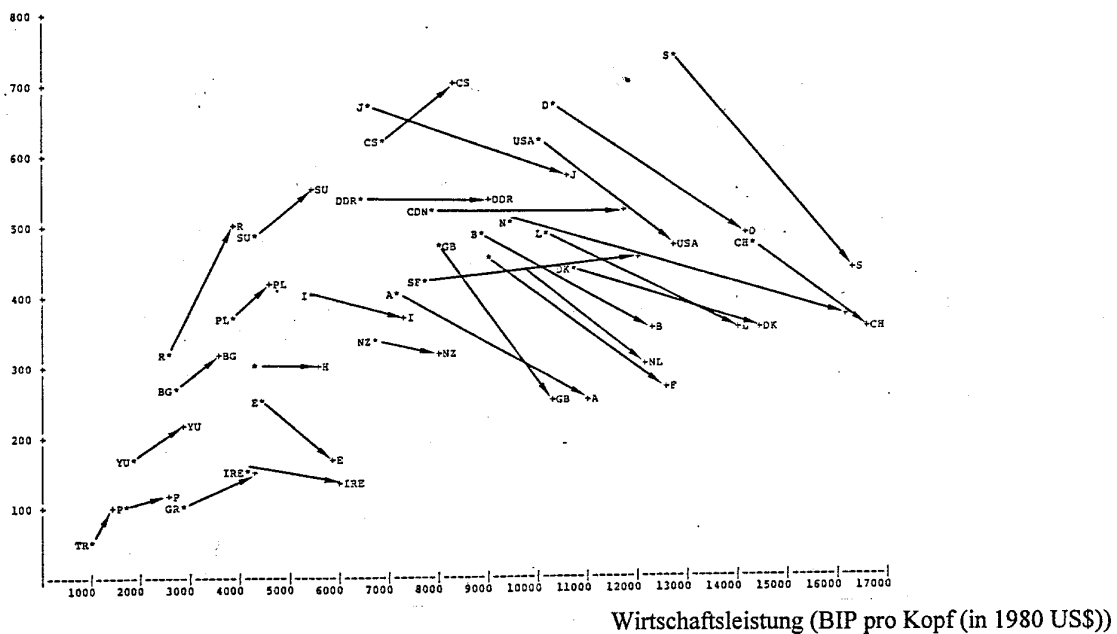
Quelle: Ross/Larson/Williams 1986

Ohne Kenntnis der Arbeiten von Larson/Ross/Williams wurde an der Forschungsstelle für Umweltpolitik/FU Berlin eine ähnliche Studie für 32 industrialisierte Staaten für Stahl, Zement, Primärenergie und das Gewicht transportierter Güter durchgeführt (Jänicke/Mönch/Ranneberg

1986, 1987, Jänicke/Mönch 1988). Diese Arbeit war unter anderem von der generellen Vermutung langfristiger Zyklen bei der Stahlproduktion beeinflusst (Prognos 1983). Im Vergleich von weniger entwickelter Staaten mit den hochindustrialisierten Staaten der OECD ergaben sich ebenfalls inverse U-Kurven für die ausgewählten Variablen (Jänicke et al. 1987).

**Abbildung 2: Rohstahlverbrauch in industrialisierten Staaten 1970 - 1985 (kg pro Kopf)**

Niveau (1970 = \*/1985 = +) und Entwicklung (→)



Quelle: Jänicke/Mönch 1988: 397

Theorien über einen zumindest relativen Bedeutungsverlust von Materialien in hochentwickelten Ländern gehen bereits auf die 1960er und frühen 1970er Jahre zurück.

Daniel Bells Theorie einer postindustriellen Gesellschaft gehört in diesen Zusammenhang (Bell 1967, 1973, Kahn/Wiener 1967, 1971, Clark 1940). Obwohl sie nur teilweise mit Material- und Energieverbräuchen zusammenhängt, wird in ihr eine Tendenz zum relativen Bedeutungsverlust der industriellen Güterproduktion beschrieben. Sie kann auch als eine Theorie verstanden werden, die einen langfristigen Trend zur Substitution stofflicher Faktoren durch Dienstleistungen, Wissen und Effizienzsteigerung vorhersagt. Impliziter Bestandteil der Theorie ist ein gewisser ökologischer Optimismus (Bell 1973).

Interessanterweise gab es eine ähnliche Theorie auch in Ost-Europa. Die tschechoslowakischen Reformer beschrieben bereits 1968 in dem bekannten Richta-Report - Daniel Bell und andere westliche Autoren zitierend - einen „neuen (‘postindustriellen’) Typus des Wachstums, der sich auf die ständig vor sich gehenden Strukturwandlungen der Produktivkräfte stützt, in denen nicht die wachsende Quantität der Produktionsmittel und Arbeitskräfte entscheidet, sondern ihre sich verändernde Qualität, der Grad der Nutzung neuer Produktivkräfte“. Verglichen mit dem „extensiven Wachstumstypus“ in der Ära der Industrialisierung betonten die Autoren die Erwartung eines „intensiven ökonomischen

Wachstums“, basierend auf einem hohen F&E-Input, kombiniert mit einem wachsenden Anteil der Dienstleistungen. Die extrem ineffiziente Nutzung von Materialien besonders in der CSSR war Grund genug, die Notwendigkeit von Innovationen in diesem Bereich kritisch zu betonen. Umwelteffekte der „wissenschaftlich-technischen Revolution“ wurden im Richta-Report nicht erwähnt. Aber der Report kam Ideen des qualitativen Wachstums nahe, die später in der Umweltdebatte eine wichtige Rolle spielten (z. B. auf dem IG-Metall-Kongress zur „Qualität des Lebens“ im April 1972).

Weitere, eher normative Wurzeln der Theorien zur Materialintensität können in den USA, Japan und Osteuropa gefunden werden. Die meisten waren kritisch in bezug auf die Umweltproblematik, argumentierten gegen das ungebrochene Industriewachstum und sahen keine automatisch eintretenden Verbesserungen.

Bereits seit Ende der 1960er Jahre postulierten in den USA Autoren wie Boulding, Ayres und Kneese die Notwendigkeit geschlossener Materialkreisläufe. Ayres und Kneese veröffentlichten 1974 eine umfassende Materialflußanalyse für die USA. Betont wurde auch die Bedeutung des physikalischen Gesetzes der Erhaltung der Masse (Ayres/Kneese 1974, Fischer-Kowalski 1997). Die Weltmodelle von Forrester (1971) und von Meadows (1972) demonstrierten die ökologisch zerstörerischen Konsequenzen eines permanenten Wachstums von Industrie und Materialverbrauch.

Japan war das erste Land, das eine technokratische wirtschaftspolitische Strategie auf Basis dieser Ideen entwickelte. Bereits 1971 veröffentlichte das MITI die „Vision“ einer „wissensintensiven Industriestruktur“: Branchen mit einer hohen Material- und Energieintensität sollten durch wissensintensive Produktionstypen ersetzt werden (Foljanty-Jost 1995: 159). 1978 war Japan auch das erste - und einzige - Land mit präzisen Reduktionszielen für Branchen wie Düngemittel (-45%), Primäraluminium (-32%), Schiffbau (-35%) oder Elektrostahl (-14%) (Weidner 1996: 485).

Sogar in Rußland wurde in den frühen 1970er Jahren, teils auf der Linie des Richta-Reports, durch Ökonomen die „Intensivierung“ der Produktion (Wertschöpfung) im Hinblick auf den Materialverbrauch gefordert und in einen Zusammenhang mit der Umweltproblematik gestellt (Fedorenko/Gofman 1973). Die erste vollständige nationale Materialflußbilanz wurde 1974 in der UdSSR - parallel zu Ayres und Kneese - von Gofman, Lemeschew und Reimers erarbeitet. Eine extreme Verschwendung von Materialien auf allen Produktionsstufen konnte (zumindest für Experten) offengelegt werden (Streibel 1990). Mitglieder der ostdeutschen Akademie der Wissenschaften äußerten bereits im Mai 1973: „Der größte Teil der Umweltverschmutzung ist die direkte Folge einer nicht ausreichend entwickelten Stoffwirtschaft“. Daher sollte ein „geschlossener stoffwirtschaftlicher Kreislauf“ das Ziel sein (Maier/Roos 1974: 32, 35).

Später wurde in der ökonomischen Reformdebatte in Osteuropa die „Intensivierung“ der Produktion - also eine höhere Energie- und Materialproduktivität - nahezu als ein Synonym für Umweltschutz gesehen. Die nur geringen Modernisierungskapazitäten der östlichen

kommunistischen Systeme verhinderten allerdings die Einleitung der notwendigen strategischen Schritte.

### **3 Hohe theoretische Plausibilität**

Die empirische Hypothese vom Ende der „Ära der Materialien“ wurde in zwei Schritten entwickelt. Erstens zeigten Larson/Ross/Williams und Goldemberg et al. empirisch inverse U-Kurven für die Materialintensität im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung (pro Kopf). Auf dieser Basis wurde zweitens die theoretische Annahme formuliert, nach der es auch zu einem absoluten Rückgang des Materialverbrauchs kommen würde. Diese Hypothese basierte auf Argumenten und Beobachtungen und schien zu dieser Zeit durchaus plausibel.

Nicht die Hypothese sinkender Materialintensität, sondern der zweite Teil des Arguments, die absolute Verringerung, erwies sich als problematisch und soll im folgenden diskutiert werden.

Larson, Ross und Williams sowie Goldemberg et al. erwähnen die folgenden Faktoren, die zumindest zu einer Sättigung des Bedarfs an Grundstoffen führen (Goldemberg et al. 1988: 98):

- die Substitution von traditionellen Materialien,
- die höhere Effizienz der Materialien,
- die höhere Effizienz industrieller Prozesse,
- die Zunahme dienstleistungsintensiver Güter und die Abnahme materialintensiver Güter (Goldemberg et al. 1988: 98); d. h. Marktsättigung für Produkte mit hoher Materialintensität und die Erschließung von neuen Märkten für Produkte und Dienstleistungen mit einer geringeren Materialintensität (Larson/Ross/Williams 1986).

Tatsächlich gibt es viele plausible „theoretische“ Gründe für eine inverse U-Kurve der Materialintensität bei fortschreitender ökonomischer Entwicklung, von denen im folgenden die wichtigsten zusammengefaßt werden:

- Die wachsende Bedeutung der Dienstleistungs- und informationsintensiven Branchen in Verbindung mit dem relativen Bedeutungsverlust von materialintensiven Industrien, speziell des Bergbaus und der Grundstoffindustrien.
- Die gestiegene Bedeutung von „postmateriellen“ Werten oder zumindest die Veränderung von Konsumentenpräferenzen zugunsten „immaterieller“ oder ökologisch besser angepaßter Produkte.
- Die abnehmende Nachfrage nach Grundstoffen in der verarbeitenden Industrie, verursacht durch wachsende Effizienz und „intrasektorale ökologische Modernisierung“ (Jänicke/Mönch/Binder 1993);
- Die abnehmende Materialintensität in den Grundstoffindustrien selber.



- Verbesserungen der Produkteigenschaften (z.B. bei Stahl) mit der Folge, daß das relative Gewicht sinkt.
- Und nicht zuletzt politische Regulationen, die die Kosten umweltintensiver Materialien erhöhen, die Nachfrage direkt beeinflussen oder die Effizienz der Materialnutzung betreffen.

Der Trend zu einer niedrigeren Materialintensität wurde durch eher temporäre Faktoren wie z.B. die Ölpreiskrisen in den Jahren 1973 und 1979 und dem verlangsamten Wachstum in der Folge verstärkt (s.u.). Diese Faktoren aber wirken nicht dauerhaft. Daher kann es sinnvoll sein, einen Blick auf die aktuelleren empirischen Trends zu werfen.

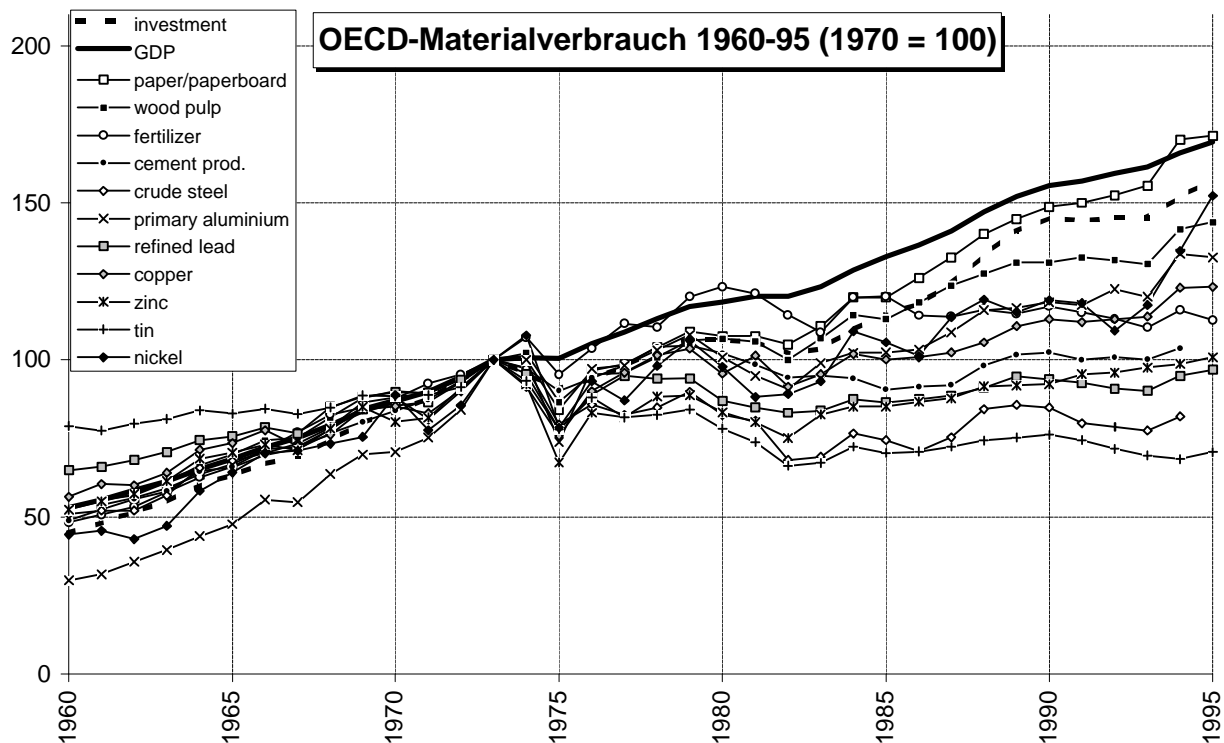
## 4 Enttäuschende empirische Ergebnisse

Larson/Ross/Williams und Goldemberg et al. konnten tatsächlich einen leichten Rückgang bei ausgewählten Stoffen im Zeitraum von 1973 bis 1985 zeigen (Goldemberg et al. 1988: 98). In unserer oben erwähnten vergleichenden Studie fanden wir 1986 ähnliche Entwicklungen für einige Materialien. Aber wir verzichteten auf eine Verallgemeinerung solcher begrenzten Beobachtungen und stellten u. a. fest: ein empirisches Argument gegen solche Theorien könne sein, daß der Strukturwandel der 1970er Jahre im wesentlichen nur durch den nicht dauerhaften Anstieg der Preise für Rohstoffe (nicht nur der Energiepreise) verursacht wurde; auch könne das Auftreten moderner Werkstoffe die ökologische Bilanz insgesamt verschlechtern (Jänicke et al. 1987). In einer späteren, umfassenderen Studie fanden wir eine Bestätigung dieser eher vorsichtigen Bewertungen (Jänicke/Mönch/Binder 1993).

Gegenwärtig lassen sich die empirischen Trends wie folgt zusammenfassen:

**1. Die Hypothese einer langfristigen Abnahme der Materialintensität in hochentwickelten Ländern bleibt empirisch plausibel:** Eine generelle Entkopplung des Materialverbrauchs ausgewählter Stoffe von der BIP-Kurve kann seit 1973 beobachtet werden. Abbildung 3 zeigt eine solche Entwicklung für Rohstahl, Zement, Primäraluminium oder Düngemittel (nicht jedoch für Papier) in den OECD-Staaten. In fünf untersuchten Staaten - USA, Japan, Deutschland, Niederlande, und Österreich - war auch der Gesamtverbrauch an Materialien in ähnlicher Weise abgekoppelt von der Entwicklung des BIP (Adriaanse et al. 1997, Hüttler/Payer/Schandl 1997). Abbildung 4 zeigt diese Entwicklung für die USA und Japan. Weiterhin stellt die OECD eine generelle abnehmende Rohstoffintensität der wirtschaftlichen Leistung in den OECD-Staaten zwischen 1985 und 1995 fest (OECD 1997: 34).

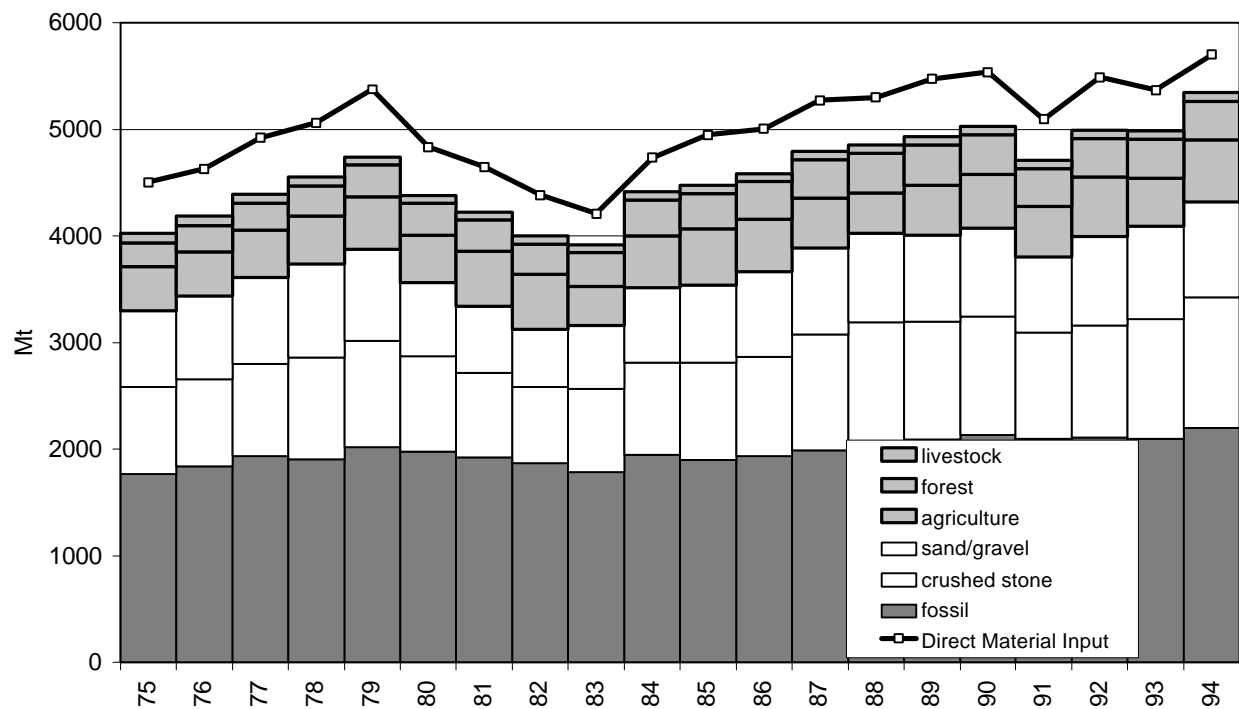
Abbildung 3: OECD-Materialverbrauch 1960-95 (1970=100):



Quelle: Manfred Binder/FFU (OECD-Daten).

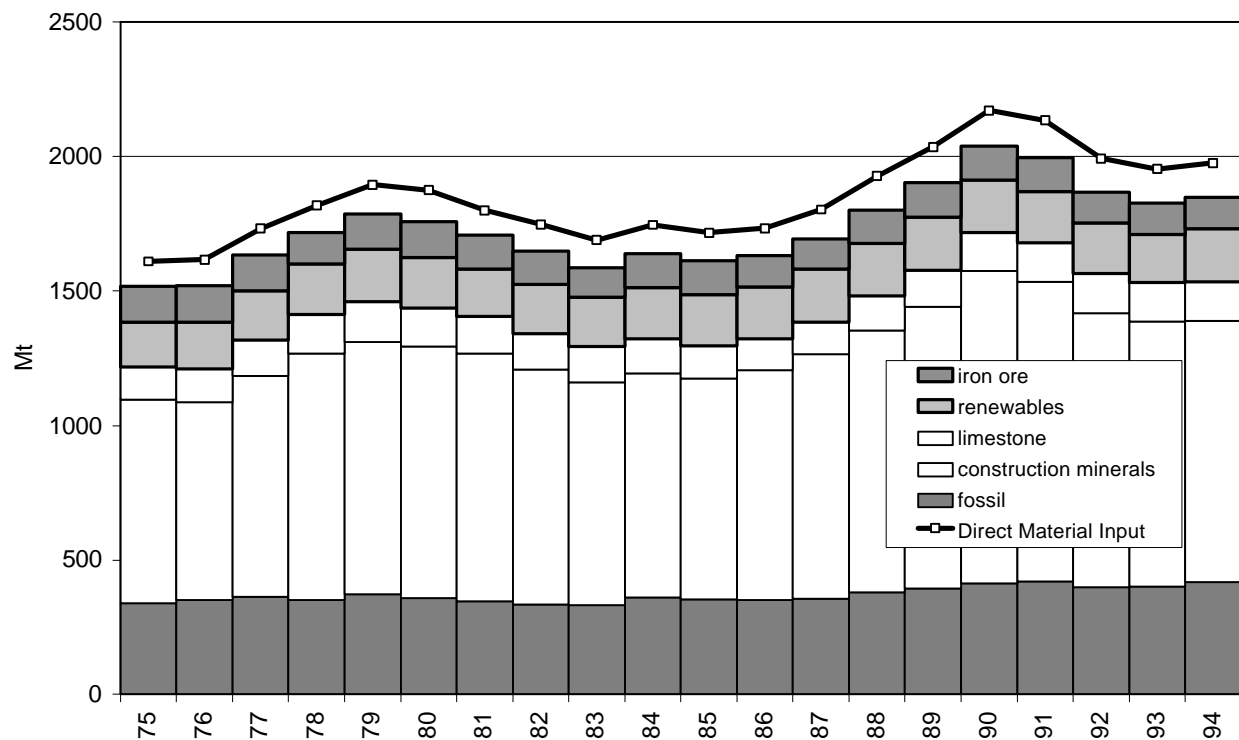
**2. Trotz der Entkopplung gibt es keine generelle Reduktion des Materialverbrauches in den OECD Staaten.** Die trifft nicht nur für die hier diskutierten ausgewählten Materialien zu. Der Materialverbrauch nimmt insgesamt in absoluten Mengen zu, zumindest in den erwähnten fünf Ländern (Adriaanse et al. 1997, Berkhout 1997). Immerhin ist bemerkenswert, daß Japan und die USA ihren gesamten Materialverbrauch zwischen 1975 und der Mitte der 1980er Jahre stabilisiert hatten. In der Folge zeigten aber auch diese Länder einen erneut wachsenden Verbrauch (Abbildung 4).

Abbildung 4: Direkter Material-Input USA 1975-94:



Quelle: Adriaanse et al. 1997. Der DMI wurde von Manfred Binder neu berechnet

Abbildung 5: Direkter Material-Input Japan 1975-94:



Quelle: Adriaanse et al. 1997. Der DMI wurde von Manfred Binder neu berechnet

**3. Statt einer inversen U-Kurve oder ökologischen Kuznets Kurve sehen wir häufig Entwicklungen, welche als N-Kurven (Jänicke 1979: 111) bezeichnet werden könnten (Anstieg-Reduzierung-Wiederanstieg).** Es gibt auch keine stabilen Trends beim Materialverbrauch. Mitte der 1980er Jahre - nach den Ölkrisen - konnte eine steigende Tendenz in den OECD Staaten beobachtet werden, sogar bei Zement, nicht jedoch bei Stahl und Düngemitteln. Der steigende Materialverbrauch in den USA und Japan wurde bereits oben erwähnt. Einige der von der Forschungsstelle für Umweltpolitik erforschten, ehemals schrumpfenden Grundstoffindustrien erlebten seit ca. 1985 eine Renaissance (Binder/Jänicke/Petschow 1998). Der 3. Niederländische Umweltplan stellt bezeichnenderweise dem Begriff des „decoupling“ den Begriff des „recoupling“ gegenüber (Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment 1998: 8).

**4. Bis heute kann kein relevanter Trend zur Verlagerung von Grundstoffindustrien in Entwicklungsländer beobachtet werden,** in dem Sinne daß die Produktion durch Materialimporte substituiert wird (Jänicke/Mönch/Binder 1997). Die OECD-Länder sind immer noch Netto-Exporteure z. B. von Eisen und Stahl. Der Anteil von Rohstoffen an den Gesamtexporten der „Großen Fünf“<sup>1</sup> der Entwicklungsländer reduzierte sich in der Dekade bis 1995 um die Hälfte auf 29% (OECD 1997: 34-35).

**5. Im allgemeinen sind die Faktoren, die die Nachfrage nach Materialien bestimmen, „tiefsitzend und persistent“** (Berkhout 1997: 288); haben also keine zufälligen Gründe und bedürfen somit der systematischen Erklärung.

**6. Der größte Teil der Materialien wird rasch konsumiert und emittiert.** Der Anteil der Materialien, die recycelt werden, ist eher klein und reicht normalerweise von 2 bis 5% (Japan 9%) (Berkhout 1997: 291, Foljanty-Jost 1995: 124). Auch die am meisten entwickelten Staaten sind von einer nachhaltigen Entwicklung im Sinne geschlossener Materialkreisläufe weit entfernt.

Der Einfluß der Politik auf Materialintensität und Materialverbrauch bleibt hierbei allerdings klärungsbedürftig:

Mit einiger Plausibilität kann angenommen werden, daß eine schnellere Zunahme der Materialeffizienz durch Abfallvorschriften, Recyclingstrategien Öko-Auditing, u.a. verursacht wurde. Die Debatte um einen Faktor 10 (Schmidt-Bleek 1994) oder Faktor 4 (v. Weizsäcker/Lovins/Lovins 1995) könnte zumindest zusätzliche Effekte haben. Länder wie Deutschland (Adriaanse et al. 1997), oder Schweden (wo der Faktor 10 1997 von der regierungsamtlichen "Eco-Cycle Commission" postuliert wurde) könnten durch aktiv verbessertes Ressourcenmanagement langfristig möglicherweise auch den absoluten Materialverbrauch reduzieren.

---

<sup>1</sup> Brasilien, China, Indien, Indonesien und das südliche Afrika.

## 5 Inverse U-Kurven vs. N-Kurven

Im folgenden Abschnitt sollen die Schwächen der Hypothese vom Ende der „era of materials“ diskutiert werden. Dabei ist die Häufigkeit von „N-Kurven“ bzw. (als deren Aneinanderreihung) von nur stagnierenden Materialverbräuchen zu erklären.

Zunächst sollte danach gefragt werden, welche Einflußfaktoren eine „Theorie“ oder Hypothese über den Rückgang des Materialverbrauchs in entwickelten Industrieländern erklären müßte. Zumindest vier Gruppen solcher Faktoren sollten analysiert werden:

1. Langfristige sozio-ökonomische und technologische Faktoren, die eine Reduktion der Materialintensität des BSP verursachen,
2. außergewöhnliche ökonomische Faktoren, die eine Reduktion der Nachfrage nach Materialien verursachen,
3. das übliche Bemühen von materialerzeugenden Branchen um Krisenüberwindung und die Erschließung neuer Märkte,
4. politische Faktoren, die einen Strukturwandel entweder beschleunigen oder verhindern.

Die Hypothese vom Ende der „era of materials“ basiert ausschließlich auf Faktoren der ersten Gruppe: Gesteigerte Effizienz von Prozessen und Materialien, Substitution von Materialien, veränderte Konsumentenpräferenzen zugunsten Informationen und Dienstleistungen, die Wissens- und Dienstleistungsintensität der Produktion selber etc. Diese Faktoren sind tatsächlich von hoher Bedeutung, wobei allerdings die neue Informations- und Dienstleistungsökonomie neue Arten des Materialverbrauchs generiert und begleitet ist von einer massiven 'Industrialisierung' privater Haushalte (steigende Geräteausstattung) (Gershuny/Miles 1983).

Die zweite Gruppe von Faktoren schließt den rapiden Anstieg der Öl- und Energiepreise nach 1973 ein, aber auch die darauf folgende Verlangsamung der Wachstumsraten und Investitionen (mit einer geringeren Nachfrage nach Maschinen und Gebäuden und den entsprechenden Materialien). Dies führte zu Überkapazitäten bei den Grundstoffindustrien. Diese Tendenz wurde Mitte der 1980er Jahre umgekehrt - und dies erklärt (zumindest teilweise) die oben erwähnten N-Kurven.

Die dritte Gruppe der Antriebsfaktoren könnte eine weitere plausible Erklärung der N-Kurven bieten: Es ist keine realistische Annahme, daß Branchen passiv auf einen Nachfragerückgang reagieren, der beispielsweise durch Modernisierung nachfolgender Sektoren verursacht wurde. Realistischer ist die Annahme, daß die Branche die Absatzkrise zu überwinden und neue Märkte zu erschließen versucht. Warum sollte sie nicht erfolgreich sein? Der Modernisierungseffekt wird dann durch neue Expansionsmöglichkeiten des Materiallieferanten neutralisiert.

Die vierte Gruppe bilden politische Faktoren: Politische Akteure der Regionen, in denen die Grundstoffindustrien konzentriert sind, spielen eine große Rolle für die vorhandene oder fehlende Akzeptanz eines Strukturwandels zu ihren Ungunsten. Dieser Faktor kann nicht ignoriert werden.

Politische Akteure können helfen, daß eine Branche überlebt und neue Märkte findet. Direkte öffentliche Nachfrage, öffentliche Investitionen (im Falle von Zement oder Stahl) oder Subventionen sind mögliche Optionen. Auf der anderen Seite kann Politik die Schrumpfung von Grundstoffindustrien akzeptabler machen, indem alternative Investitionen subventioniert, Umschulungsmaßnahmen unterstützt oder soziale Abfederungsmaßnahmen ergriffen werden. Gelegentlich waren Politik oder Öffentlichkeit bzw. die Umweltbewegung sogar in der Lage, umweltproblematische Produkte mehr oder weniger weit zurückzudrängen (z.B. Pestizide, Asbest oder in Einzelfällen sogar kerntechnische Anlagen).

Die ökologischen N-Kurven sind nicht neu in der Umweltforschung (Jänicke 1979, Jänicke 1985). Immer wenn Problemursachen eine Wachstumsdynamik aufweisen und Gegenmaßnahmen nur Problemeffekte (Symptome) betreffen, wird das Problem nicht dauerhaft gelöst. Die Problem(Symptom)variable wird *ceteris paribus* im Tempo des Wachstums im Kausalbereich erneut ansteigen. Dies gilt auch für von Branchen verursachte Umweltprobleme: Unter Wachstumsbedingungen zeigen diese nach einer Weile eine Tendenz zum Wiederanstieg, wenn keine weiteren Maßnahmen ergriffen werden. Dies ist ein kritischer Punkt ökologisch nachhaltiger Entwicklung.

Typischerweise sind end-of-pipe Maßnahmen in wachsenden Industrien (wie auch im Transport-Sektor) mit ökologischen N-Kurven verbunden - sofern nicht zusätzliche Maßnahmen die Entkopplung von Produktionswachstum und Emissionen weiter stabilisierten. Die OECD sagte kürzlich eine N-Kurve für Umweltindikatoren im Zusammenhang mit Autoverkehr voraus (OECD 1997a: 104).

Nun kann aber auch ökologische Modernisierung - als Effizienzsteigerungen im Materialeinsatz - von einem Wiederanstieg des Umweltindikators begleitet sein. Dies kann zum einen daran liegen, daß das Wachstum der modernisierten Nachfragebereiche selbst die erzielten Effizienzsteigerungen neutralisiert. Ein Beispiel ist Japan, wo eine beeindruckende ökologische Modernisierung zwischen 1973 und 1985 schließlich durch das rapide Wachstum der Industrie überkompensiert wurde (Jänicke/Mönch/Binder 1993).

Die Effizienzsteigerung der nachfragenden Industrie kann aber auch dadurch neutralisiert werden, daß die Materiallieferanten die entstandene Absatzeinbuße durch Erschließung neuer Nachfragefelder kompensieren. Es gibt dann einen Widerspruch zwischen der ökologischen Modernisierung und den Reaktionen der Grundstoffindustrien, die davon als Zulieferer betroffen sind. Ein effizienter Materialverbrauch, Energieeinsparungen oder die Beendigung der Verwendung von toxischen Stoffen kann Verlierer-Branchen schaffen. Diese können mit der Erschließung neuer Märkte reagieren, wie dies in Marktwirtschaften üblich ist. Aktivitäten zur Stromeinsparung wurden beispielsweise durch die Stromwirtschaft (und ihre Verbündeten) durch Strategien konterkariert, neue Märkte zu finden und gelegentlich auch neue Arten der Stromverschwendung (wie z.B. Stand-by-Schaltungen) zu entwickeln. Aktivitäten gegen die Verwendung von Chlor sind z. T. erfolgreich von der Branche abgewehrt worden, indem der

Absatz von PVC ausgeweitet wurde, etc. Der Strukturwandel, den die ökologische Modernisierung an sich (insbesondere im Grundstoffbereich) zur Folge hätte, wird somit vermieden. Erst diese Konstellation ergibt das oben erwähnte „**Hase-und-Igel-Dilemma**“ **zwischen ökologischer Effizienzsteigerung und struktureller Rigidität.**

Wenn der modernisierungsbedingte Strukturwandel von den Verliererbranchen im Grundstoffbereich (und Bergbau) nicht akzeptiert (oder effektiv umgesetzt) wird, ihr strukturkonservativer Überlebenskampf also anhält und nicht in neue Bahnen gelenkt wird, werden die Effekte der ökologischen Modernisierung mithin vergleichsweise begrenzt bleiben. Eine ökologische N-Kurve könnte das Ergebnis sein. Und so manche stagnierende Problemkurve ist nichts als die Summe wiederholter N-Kurven.

## 6 Die Bedeutung politischer Faktoren

Wenn dies richtig ist, dann können die stabilen Antriebsfaktoren in Richtung auf ein Ende der „Era of materials“ als eine *notwendige* Voraussetzung für einen entsprechenden umweltentlastenden Strukturwandel gesehen werden. Aber eine *hinreichende* Bedingung wird eine Strategie sein, die einen Strukturwandel akzeptabel für die Verliererbranchen (besonders Bergbau und Grundstoffindustrien) macht. Dies kann als ein Argument für eine ökologische Industriepolitik, im Gegensatz zu einer strukturerhaltenden Politik, angesehen werden.

Daher kann der - positive wie negative - Politikfaktor, der (ebenso wie die eher temporären Einflüsse) von den Prognostikern der Dematerialisierung ignoriert wurde, entscheidend im Strukturwandel wirksam werden. Noch immer gibt es eine starke Tendenz des Staates, die Nachfrage nach Materialien in Politikfeldern wie Bau-, Transport, Agrar- oder allgemeiner Wirtschaftspolitik faktisch zu erhöhen. Erst in den letzten Jahren entwickelte sich eine neue Strategie der Politik-Integration mit dem Ziel, diese „anderen“ Politiken ökologisch zu beeinflussen. Gelegentlich geht dies mit einer Zielgruppenpolitik einher, die das Innovationspotential einer Branche für eine ökologisch tragfähigerere Entwicklung zu nutzen sucht. Wie erwähnt können Instrumente wie Produktlebenszyklus-Analyse, Materialflußanalyse, Öko-Auditing, eine vermeidungsorientierte Abfallpolitik oder ein Wechsel zugunsten einer Öko-Steuer ebenfalls den langfristigen Materialverbrauch beeinflussen. Es ist allerdings zu früh, die Effekte dieser Maßnahmen zu beurteilen.

Es könnte ebenfalls voreilig sein, eine detaillierte Strategie eines Stoffflußmanagements und einer ökologischen Restrukturierung der Industrie auf der Grundlage des Postulates der Dematerialisierung zu entwerfen. Die Wissensbasis ist immer noch unzureichend. Die Zielstruktur einer solchen empirisch gehaltvollen ökologischen Industriepolitik muß erst noch entwickelt werden.

Beispielsweise ergeben sich für die wichtigsten Hauptgruppen des Gesamtinputs an Materialien offenbar ganz unterschiedliche Probleme. Hier wäre es wichtig, differenzierte Strategien für die verschiedenen Materialgruppen zu formulieren: Metalle können nahezu vollständig recycelt werden. Aber fossile Brennstoffe, die nicht auf diese Weise behandelt werden können, scheinen Kandidaten für eine radikale Reduktion des Verbrauchs zu sein. Die Rolle der Baumaterialien - eine weitere große Gruppe des Materialverbrauchs - müßte wiederum im Zusammenhang mit nachhaltiger Bodennutzung diskutiert werden; denn selbst bei perfektem Recycling würde nur ein kleiner Teil der Material- und Umweltprobleme gelöst, die vor allem in der Ausweitung bebauter Flächen besteht. Die Gruppe biotischer Stoffe auf der einen Seite und die der Salze auf der anderen Seite erfordern wiederum sehr unterschiedliche Typen des Ressourcenmanagements und der Strukturpolitik. Recycling, „Cleaning“ oder aber Reduktion von Materialströmen sind höchst unterschiedliche Optionen. Wo sie jeweils geboten sind, ist weithin klärungsbedürftig.

Insofern besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf. Es ist weiterhin eine offene Frage, ob langfristig die Hypothese eines absoluten Rückgangs des Materialverbrauches in hochentwickelten Industrieländern in der Realität bestätigt werden kann. Vom Standpunkt einer nachhaltigen Entwicklung wissen wir nur, daß es geboten ist, in diese Richtung zu gehen. Es scheint, daß der Erfolg des empirischen Konzepts der Dematerialisierung von einer erfolgreichen Implementation des normativen Konzepts der Dematerialisierung abhängt. Malenbaum, Larson oder Goldemberg haben empirisch gezeigt, daß es starke Triebkräfte gibt, die für eine Strategie der nachhaltigen Nutzung von Materialien genutzt werden können. Der Rest muß durch gezielte gesellschaftliche und politische Anstrengungen erreicht werden.



## Literatur:

- Adriaanse, Albert et al. 1997: *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*, Washington, Wuppertal, The Hague, Tsukuba.
- Bell, Daniel 1967: *The Reforming of General Education*, New York.
- Bell, Daniel 1973: *The Coming of the Post-Industrial Society*, New York.
- Berkhout, Frans (1997): Policy Implications of Substance Flow Analysis, in: Bringezu, Stefan et al. (Eds.): "National and Regional Material Flow Accounting: From Paradigm to Practice of Sustainability", Proceedings of the ConAccount Workshop 21-23 January, 1997, Leiden (Wuppertal Special 4).
- Clark, Colin (1940): *Conditions of Economic Progress*, London.
- Fedorenko, N./Gofman, K. (1973): Rationelle Gestaltung der Umwelt als Problem der rationellen Planung und Leitung, in: *Sowjetwissenschaft. Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge*, No. 5, 1973.
- Fischer-Kowalski, Marina (1997): Society's Metabolism. On Childhood and Adolescence of a Rising Conceptual Star, in: Redclift, M. / Woodgate, A. (Eds): *International Handbook of Environmental Sociology*, Cheltenham: Edgar Elgar.
- Foljanty-Jost, Gesine (1995): *Ökonomie und Ökologie in Japan. Politik zwischen Wachstum und Umweltschutz*, Opladen: Leske & Budrich.
- Gershuny, J./Miles, I. (1983): *The New Service Economy*. London
- Goldemberg, José/Johannsson, Thomas B./Reddy, Amulya K. N./Williams, Robert H. (1988): *Energy for a Sustainable World*. New Delhi etc.: Wiley Eastern.
- Grossman, G./Krueger, A. (1994): *Economic Growth and the Environment*, Working Paper No 4634 of the National Bureau of Economic Research, Cambridge MA.
- Herman, R. et al. (1989): "Dematerialisation", in: Ausubel, J./Sladowich, H. E. (Eds.): *Technology and Environment*, Washington D.C.
- Hüttler, Walter/Payer, Harald/Schandl, Heinz (1997): Gibt es eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch? In: Fischer-Kowalski, Marina et al. (Eds.): *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur*, Amsterdam: Verlag Fakultas.
- Jänicke, Martin (1979): *Wie das Industriesystem von seinen Mißständen profitiert*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Jänicke, Martin (1985): *Preventive Environmental Policy as Ecological Modernisation and Structural Policy*, Wissenschaftszentrum Berlin, IIUG dp 85-2.
- Jänicke, Martin/Mönch, Harald/Ranneberg, Thomas/Simonis, Udo E. (1987): *Improving Environmental Quality through Structural Change. A Survey of Thirty-one Countries*, Wissenschaftszentrum Berlin, IIUG Discussion paper 87-1. (German edition 1986: IIUG Discussion paper 86-1).
- Jänicke, Martin/Mönch, Harald (1988): Ökologischer und wirtschaftlicher Wandel im Industrieländervergleich, in: Schmidt, Manfred G. (Ed.): *Staatstätigkeit. International und historisch vergleichende Analysen*, Sonderheft 19 der PVS, Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Jänicke, Martin/Mönch, Harald/Binder, Manfred (1993): Ecological Aspects of Structural Change, in: *Intereconomics*, Vol. 28, No. 4 159-169.
- Jänicke, Martin/Binder, Manfred/Mönch, Harald (1997): 'Dirty Industries': Patterns of Change in Industrial Countries, in: *Environmental and Resource Economics* 9: 467-491.
- Johansson, Thomas B./Steen, Peter/Bogren, E./Fredricksson, R. (1983): Sweden Beyond Oil - The Efficient Use of Energy, in: *Science*, Vol. 219, 355-361.
- Kahn, Hermann/Wiener, Norbert 1971 (1967): *Ihr werdet es erleben*, Reinbek.
- Kneese, Allen/Ayres, Robert U./D'Arge, Ralph C. (1974): Economics and the Environment: A Materials Balance Approach, in: Wolozin, H. (Ed.): *The Economics of Pollution*. Morristown: General Learning Press, 22-56.

- Larson, Eric D./Ross, Marc H./Williams, Robert H. 1986: Beyond the Era of Materials, in: *Scientific American*, Vol. 254, No.6.
- Malenbaum, Wilfred 1978: World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000, New York: McGraw-Hill.
- Maier, Harry/Roos, Hans (1974): Die Mensch-Umwelt-Beziehung als politökonomisches Problem, in: Reproduktion der natürlichen Umweltbedingungen, Berlin: Akademie-Verlag.
- Meadows, Dennis/Meadows, Donella/Zahn, Erich/Milling, Peter (1972): The Limits to Growth, New York: Universe Books.
- Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (and other Ministries)(1998): National Environmental Policy Plan 3, The Hague.
- OECD 1997: The World in 2020. Towards a New Global Age. Paris.
- OECD 1997a: Sustainable Development. OECD Policy Approaches for the 21st Century, Paris.
- Prognos AG (1983): Euro-Report 84, Vol. A, Basel.
- Richta, Radovan u. Kollektiv (1968): Zivilisation am Scheideweg (Richta-Report), Prag.
- Schmidt-Bleek, Friedrich (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser.
- Streibel 1990: Reproduktion und Nutzung der natürlichen Umwelt, Forschungsstelle für Umweltpolitik/Freie Universität Berlin, FFU rep 90 - 13.
- Weidner, Helmut (1996): Basiselemente einer erfolgreichen Umweltpolitik. Eine Analyse und Evaluation der Instrumente japanischer Umweltpolitik. Berlin: Edition Sigma.
- Weizsäcker, Ernst U. v./Lovins, Amory, B./Lovins, L. Hunter (1995): Faktor vier. Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch. München: Knauer.
- WWF 1996: Dangerous Curves: Does the Environment Improve with Economic Growth? Gland, Switzerland.